

鋼板桁の熱伝導解析に及ぼす発熱体の評価

熊本大学大学院 学生員 ○重松 映輝

熊本大学大学院 フェロー 山尾 敏孝 日本環境整備(株) 元田 馨

1. はじめに

本研究は鋼板の結露による路面凍結問題に対し、環境に優しく低温域で活動し発熱効果があるバイオ菌により凍結防止を防ぐということを目的とした。バイオ菌入り腐葉土の発熱による容器内から鋼板表面への熱伝達メカニズムの解明をするために解析的検討を行ってきたが、実験結果との対応が不十分であった⁰。本研究ではバイオ菌入り腐葉土内部の温度変化を測定した実験データを基に、再度解析検討を行なった。さらに熱源であるバイオ菌入り腐葉土の特性解明のために、熱源の条件を変えて温度測定実験を行い、解析値と比較し解析に用いる係数について検討した。特に、熱伝導解析に最も大きな影響を及ぼす熱源の係数と推測し、それについて算出するため推定式の提案を行い検討した。

2. 鋼板模型を用いた実験概要

バイオ菌入り腐葉土の発熱の特性を確かめることを目的として、2ケースで実施した。1)屋外での温度分布測定実験：図1と図2に示すように、バイオ菌入り腐葉土を詰めた台形容器を、鋼板桁の模型に取付け、屋外での温度分布実験を行なった。2)恒温室内での温度分布測定実験：バイオ菌入りの腐葉土を詰めた台形容器を室内温度20℃の恒温室内に置いて温度分布を測定した。測定点は図1に示すように①～⑪点と外気温を測定し、容器断面の温度分布の把握及び鋼板への熱移動についての考察を行なった。また、台形断面のアルミニウム容器に半分ずつバイオ菌入り腐葉土を入れるが、半分には通常の場合よりも密に詰め込み、その差も比較した。写真1は鋼板に容器を取り付けた様子である。

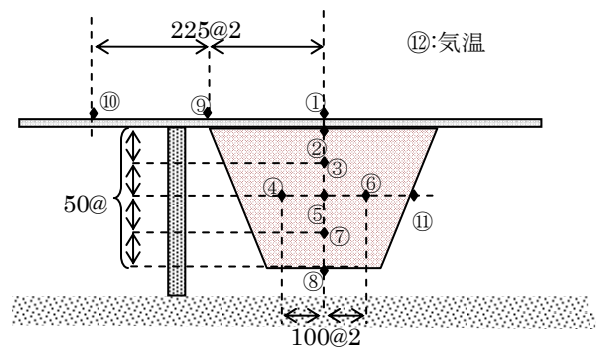


図1 容器断面図と測定点(mm)

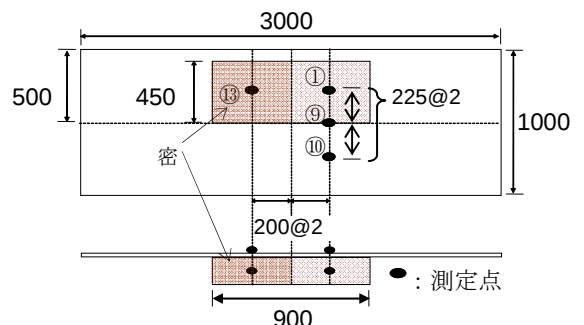


図2 台形容器の設置と測定点 (単位mm)

3. 熱伝導解析による検討概要

解析は温度変化のメカニズムを差分法による熱伝導解析手法を用いて調べた。2次元の定常状態における断面内の任意における温度の空間的変化の関係が、式(1)に示すフーリエ微分方程式を解くことで解が得られる。熱伝導率や熱伝達率が物質により異なるため、その空間分布を考慮できるような定式化をし、陰解法で離散化してある。なお、式(2)は境界条件の式である。

$$\frac{dT}{dt} = k \frac{d^2 T}{dx^2} + \frac{d^2 T}{dy^2} + f(x, y) \quad (1)$$

$$-k \left(\frac{\partial T}{\partial n} \right) = h \{ T - T_{\infty} \} \quad \text{on } \partial \Omega \quad (2)$$

ここに、 T ：温度、 k ：熱伝導率、 t ：時間、 $f(x, y)$ ：発熱量、 T_{∞} ：境界より十分離れた流体の温度、 h ：熱伝達率、 n ：境界の法線方向、 Ω ：領域である。

図3は鋼板と台形容器をモデル化したもので、実験模型を基に作成した。モデルのメッシュ分割は横42×縦23マスで分割し、横2cm、縦1cmとした。解析に使用する鋼の熱伝導率と鋼と空気間の熱伝達率は、文献0を参考にして、表1に示すように決定した。



写真1 鋼板に設置した容器

キーワード 発熱量、熱伝導率、熱伝達率、鋼床版、バイオ菌

連絡先 〒860-8555 熊本市黒髪 2-39-1 熊本大学大学院自然科学研究科 Tel:096-342-3533 Fax:096-342-3507

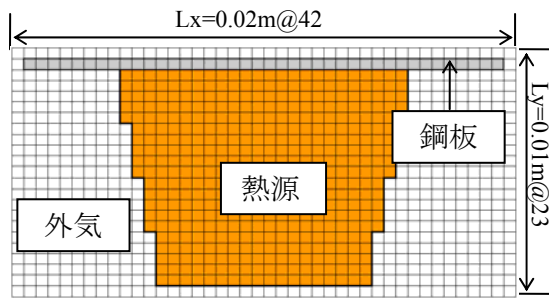


図3 解析モデル

表1 各係数

	熱源
熱伝導率(kcal/h・m・°C)	0.1
空気への熱伝達率(kcal/h・m ² ・°C)	1.0
	鋼板
熱伝導率(kcal/h・m・°C)	45.0
空気への熱伝達率(kcal/h・m ² ・°C)	9.9

4. 熱源の係数の解析結果

熱伝導解析において、バイオ菌入り腐葉土(熱源)の熱伝導率と発熱量の影響が大きいことがわかり、これらの値の影響変化を調べた結果が図4である。熱源の熱伝導率を下げると熱源の解析値は上昇し、その変動が小さくなることがわかった。また、発熱量のみを下げると解析値は分布変動を変えずに下降することがわかった。熱源の熱伝導率が0.1(kcal/h・m・°C)の時に実験値に最も近い変動であり、熱量を30(kcal/m³・h)にした時ほぼ実験値に近い値が得られたが、今回実施した実験結果にその値を設定して解析を行なったところ、図5に示す結果が得られた。熱伝導率0.1(kcal/h・m・°C)は妥当であると考えられる。しかしながら、解析値は実験値よりも大きく下回っており、発熱量30(kcal/m³・h)を固定して使用することは適切ではないと推測でき、それを推定するために比例定数などの係数を設定する必要があることがわかった。

解析に必要な発熱量を求めるにあたって、4つの実験データを基に、発熱量を算出するための係数を求めた。ここで、表2に示すように各々の実験データの日平均気温と容器断面中央の平均温度の差に着目し、この平均気温と腐葉土内の平均温度の差にある係数を乗じたものを発熱量と設定すると、実験値によく対応できる解析値が得られるのではないかと推測した。

$$F = C \times (T_1 - T_2) \quad (3)$$

ここに、F: 発熱量(kcal/m³・h)、C: 発熱係数(kcal/m³・h・°C)、T1: 腐葉土内部の日平均温度(°C)、T2: 日平均気温(°C)

次に、発熱量を仮定して解析を行い、この時の解析に用いた発熱量を適切な発熱量と仮定し、式(3)からそれぞれ計算される係数を算出した。今回の解析では、得られた4つの仮定発熱係数の平均値を式(3)の発熱係数Cとし、15.13(kcal/m³・h・°C)と決定した。

図6は発熱係数Cから発熱量を計算し、求まった発熱量を用いた解析値と実験値の比較である。図5と比較すると、大分対応した値が得られていることがわかる。よって、式(3)から求める発熱量は評価できると考えられる。今回は気温を基に発熱量を求めたが、これは気温を基に推定しなければならない。よって今後、台形容器内のデータのみを用いて熱量を推定できるように検証する必要がある。

参考文献: 1) 古賀 淳, 山尾敏孝, 友田祐一, 元田 馨: 実鋼桁橋の凍結防止におけるバイオ菌の発熱効果の検討, 鋼構造年次論文報告集, 第15巻, pp.579-584, 2007.
2) 北山直方: 伝熱工学の学び方, オーム社, pp.13-70, 1982.

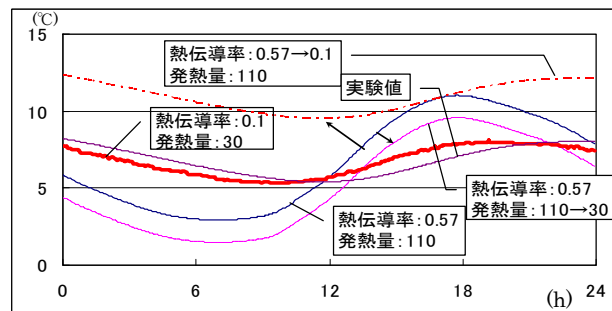


図4 熱源と熱伝導率の係数の変化の影響

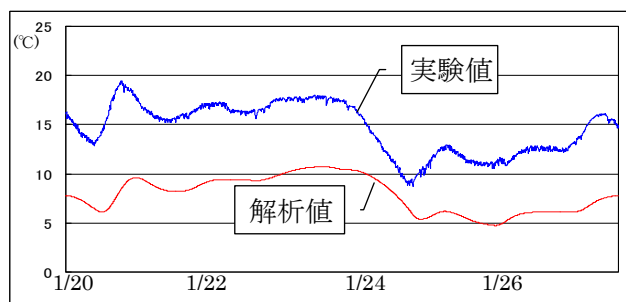


図5 今回の実験結果との比較

表2 実験データ

データ	①	②	③	④
条件	屋外	屋外	屋外	恒温室
日平均気温(°C)	5.72	4.00	5.52	20.00
内部の日平均温度(°C)	7.60	5.19	14.13	20.58
差(°C)	1.88	1.19	8.61	0.58

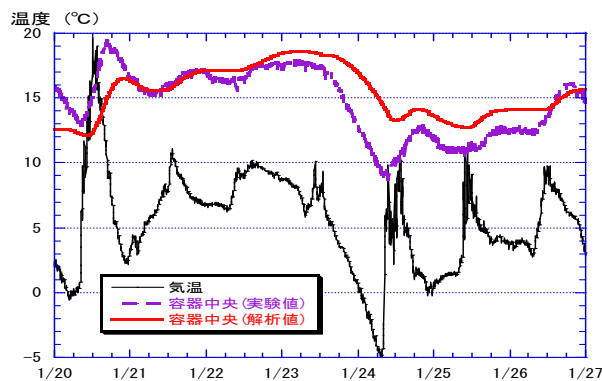


図6 実験結果との比較